



簡述矽光子！

總會諮詢顧問 廖建利

本期我們大略簡述矽光子，以及矽光子如何在未來半導體界贏得青睞。

在摩爾定律的前提下，積體電路的技術演進已經面臨物理極限，想尋求突破就必須走向光，這也正是為什麼許多國內外廠商正積極布局矽光子Silicon photonics技術電子與光子的結合，在解決原本訊號傳輸的耗損問題的同時，也有望成為開啟摩爾定律新篇章和顛覆未來世界的關鍵技術。

大家熟知的積體電路IC是將上億個電晶體微縮在一片晶片上進行各種複雜的運算，而矽光子則是積體光路，把能到光的線路全數集中，簡單來說是在矽的平臺上將晶片中的電訊號轉成光訊號，進行電與光訊號的傳導，晶片間的通訊隨著科技進步和電腦運算速度的提升，成為了電腦運算速度的關鍵，特別是在即將邁入AI時代的現在，矽光子不僅能提升光電傳輸的速度，還能解決目前電腦元件使用銅導線所遇到的訊號。耗損及熱量問題，因此獲得半導體巨頭的青睞，投入相關技術研發。再說明細光子應用與瓶頸前，大家需要先對光電收發模組的運作有初步的了解，先試著想像一下光電收發模組是類

似USB的長方形模組，插進電腦後才能讀取資訊，也就是說，光訊號必須先進入該模組才能將訊號打入伺服器。傳統的插拔式模組內部有許多光電元件，當光訊號進去模組裡會需要光接收器來接收光之後訊號源進入模組。因為光的電流很小，需要放大器將電流信號放大，同時把電流信號轉換成電壓電訊號，進入主機後會遇到交換器，能將電信號進行處理轉換，判斷電該從哪個軌道出去，出去後經過光調變器，同時搭配雷射光源輸入的情況下，將電訊號在切換成光訊號，這就是光電收發模組的概念。一個光電模組包含光接收器、放大器、調變器等許多元件，過去這些元件都是個別零散的放在PCB板上，但為了提升功耗。

增加訊號傳輸速度，這些元件改成全整合到單一矽晶片上，這就是矽光子的精神。之所以說精神，是因為在矽平臺上的光電訊號轉換，都能算在矽光子技術範疇過程中需克服的面向也不同，要更好理解的話，先來看看矽光子發展至今的每個階段，矽光子已默默耕耘20多年，傳統的矽光子插拔式外形非常像USB介面，外接2條光纖分別傳輸進去

和出去的光，但插拔式模組的電訊號進入交換器前必須走一大段路。在高速運算損失又多，所以為了減少電損失，係光元件改到接近伺服器交換器周邊的位置，縮短電流通的距離，而原本的插拔式模組只剩下光纖。而上述這個做法正是目前業界積極發展的供封裝光學模組技術，主要是將電子積體電路和光子積體電路共同裝配在同一個載板，形成晶片和模組的共同封裝，以取代光電收發模組，使光引擎更接近CPU GPU，縮減傳輸路徑，減少傳輸耗損及訊號延遲。據工研院了解。這項技術能降低成本。資料量傳輸提升8倍，提供30倍以上的算力，並節省50%功耗，但目前晶片組的整合仍處於現在進行式，如何精進CPO技術，成為矽光子發展的下一個重要步驟。目前矽光子主要在解決插拔式模組的訊號延遲之挑戰，隨著技術發展，下一階段將會是解決CPU和GPU傳輸的電訊號問題。學界指出，晶片傳輸已電訊號為主，所以下一步要讓GPU和CPU透過光波導進行內部對船將電訊號全轉為光訊號來加速AI運算並解決目前的運算瓶頸。

當技術在往下一步走，將迎接「全光網路時代」，意思是晶片間的所有對船全變成光訊號，包括隨機存儲傳輸交換處理等，都以光訊號傳遞。目前日本已在矽光子導入全光網路，這部分積極布局摩爾定律，預測相同尺寸晶片中能容納的電晶體數量，因為製程技術推進，每18至24個月會增加一倍，但由於晶片是電訊號傳輸會有訊號損失的問題，即使單位面積電晶體數量漸增。仍無法避免電耗損的問題，然而矽光子技術的出現以光訊號代替電訊號進行高速資料傳輸，實現更高頻寬和更快速度的數據處理，使晶片不

需給更多電晶體數量，不需追求更小奈米和節電，且能在現有矽製程基礎上實現更高集成度更高效能的選擇，進一步推動摩爾定律的發展。由於高頻寬、小尺寸、低能耗和成本效益等優勢，矽光子在通訊和高速運算領域極具發展潛力，可應用於生醫感測量子運算機器學習。光學雷達等領域以光達為例，如果未來發展到Level 4至5的無人自駕車，面對複雜的外在環境訊號處理必須非常快速，以矽光子技術為基礎的LiDAR感測是目前相當被看好的突破方式，這些應用潛力將帶來革命性的變化，促進通信、醫療和科學等領域的技術革新。不過，矽光子在元件整合上仍有諸多挑戰。首先是見面溝通語言問題。雖然半導體廠商了解電的製程，但因為光子元件效能對溫度和路徑都很敏感。

製程上線寬與線距對光訊號影響相當大，若要開發更高效的光子元件結構和製程，需要一個溝通平臺，提供設計規格、材料、參數等進行光電廠商的資訊語言整合。再來短期矽光子用於利基型市場各類型的封裝製程與材料標準也還在陸續建立中，大多提供矽光晶片下線的晶圓代工廠都屬於客製化服務或者不方便提供給他廠使用，缺乏統一平臺可能會阻礙矽光子技術的發展，除了以上提到的缺乏共通平臺外，高成本製造。光源集成、元件效能、材料匹配、熱效應和可靠性等，也是矽光子製程瓶頸之一。隨著技術的不斷進步和創新，預計這些瓶頸在未來數年到10年內有望得到突破。目前矽光子技術發展持續朝著多元面向推進，應用領域也在持續擴大當中，未來會發展到何種程度值得期待。